ยุคการสื่อสารข้อมูลภาพ : แฟกซ์

ความเป็นมาและเทคโนโลยีของอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลในระบบสำนักงานอัตโนมัติที่เรียกว่า แฟกซ์ (FAX)

การสื่อสารข้อมูลข่าวสารมีบทบาทที่สำคัญมากในยุคสมัยปัจจุบัน การสื่อสารด้วยรหัสกำลังเพิ่มบทบาทขึ้นมาก เราสามารถส่งข้อความจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้โดยไม่ยากเย็น และจากการส่งข้อความก็กำลังพัฒนากลายมาเป็นการติดต่อสื่อสารกันด้วยภาพ

แฟกซ์เป็นระบบที่มีการพัฒนากันมานานแล้ว แฟกซ์เครื่องแรกพัฒนากันมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1843 ซึ่งเกิดขึ้นไล่เลี่ยกับการส่งโทรเลขด้วยรหัสมอร์ส แฟกซ์จึงมีช่วงระยะเวลาที่พัฒนาอันยาวนาน

หลังจากปี ค.ศ. 1970 อัตราความก้าวหน้าของเทคโนโลยีและการใช้แฟกซ์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วด้วยอัตรามากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ต่อปี หลังจากปี ค.ศ. 1980 ก็มีการกำหนดมาตรฐานของแฟกซ์อย่างจริงจังจนในปี ค.ศ. 1988 ทั้งโลกมีแฟกซ์ใช้ทั้งสิ้นมากกว่าแปดล้านเครื่อง

ญี่ปุ่นจ้าวแห่งการผลิตเครื่องแฟกซ์

ญี่ปุ่นเป็นแหล่งผลิตแฟกซ์แหล่งใหญ่ของโลก ยอดการผลิตรวมทั้งโลกอยู่ที่ญี่ปุ่นกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามบริษัทในญี่ปุ่นก็ได้ไปสร้างโรงงานผลิตแฟกซ์ในประเทศที่มีค่าแรงงานต่ำตามภูมิภาคต่าง ๆ บริษัทใหญ่ ๆ ของญี่ปุ่นที่ผลิตแฟกซ์มีมากกว่า 20 บริษัท

สัดส่วนการผลิตแฟกซ์ของบริษัทต่าง ๆ ในปี ค.ศ. 1987 เป็นดังตารางที่ 1

หากพิจารณาดูการขายแฟกซ์ในประเทศไทยมีบริษัทนำเข้ามาขายเป็นจำนวนมาก จากการสำรวจของภาควิศวกรรมคอมพิวเตอร์โดยการสุ่มบริษัทหนึ่งพันแห่งจากตัวเลขที่มีประมาณหนึ่งแสนสองหมื่นบริษัทหรือหน่วยงาน พบว่าในประเทศไทยมีการใช้แฟกซ์ด้วยตัวเลขถึง 3.91 เปอร์เซ็นต์ โดยบริษัทขนาดใหญ่มีสัดส่วนการใช้แฟกซ์ถึง 72.6 เปอร์เซ็นต์ แฟกซ์ที่มีขายในประเทศไทยประกอบด้วยแฟกซ์จากยี่ห้อต่อไปนี้ ริโก้ พานาโซนิก โอกิ เอ็นอีซี ฮิตาชิ แคนนอน ซีร็อกซ์ โตชิบา ชาร์ป มูราตะ ซันโย และอื่น ๆ

สำหรับการผลิตแฟกซ์ในญี่ปุ่นจากการเผยแพร่ของกระทรวงการค้าและอุตสาหกรรมของญี่ปุ่นแสดงตัวเลขในตารางที่ 2

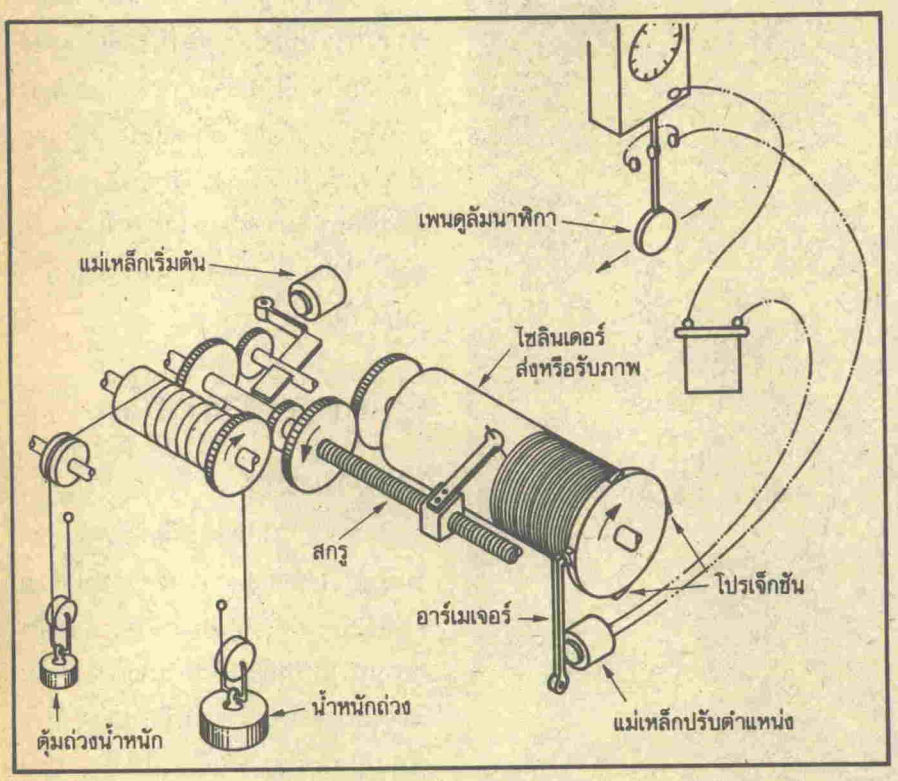
บริษัท	เปอร์เซ็นต์
ริโก้	21.0
เนชั่นแนล, พานาโซนิก	20.5
แคนนอน	13.0
เอ็นอีซี	13.0
โตชิบา	13.0
อื่น ๆ	19.5

ตารางที่ 1
แฟกซ์ที่ผลิตในญี่ปุ่น

ปี	ยอดการผลิต	ส่งออก
1981	127000	38000
1982	229000	66000
1983	304000	88000
1984	511000	157000
1985	866000	338000
1986	1234000	558000
1987	2405000	1495000
1988	4200000	3600000

ตารางที่ 2
การผลิตแฟกซ์ในประเทศญี่ปุ่น

ตัวเลขที่ผลิตนี้เป็นเพียงตัวเลขที่ผลิตในประเทศญี่ปุ่นเท่านั้น บริษัทญี่ปุ่นได้ไปตั้งโรงงานผลิตและจำหน่ายในประเทศต่าง ๆ อีกเป็นจำนวนมาก ดังนั้นยอดการขยายตัวของตลาดแฟกซ์จึงเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องอีกมาก



รูปที่ 1 แฟกซ์แบบดรัมหมุน ที่พัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1850

พัฒนาการของแฟกซ์

จากประวัติความเป็นมาของแฟกซ์ได้มีการพัฒนามาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1843 แฟกซ์ในสมัยแรกเป็นแฟกซ์แบบลูกตุ้มแกว่ง(เพนดูลัม) เพื่อให้การแกว่งของลูกตุ้มกวาดเข็มไปบนดรัมเพื่อส่งสัญญาณจุดและขีดไปตามสาย พัฒนาการของแฟกซ์ได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้น จนถึงในปี ค.ศ. 1850 ก็มีการผลิตแฟกซ์แบบดรัมหมุนขึ้นที่ประเทศอังกฤษ โครงสร้างของแฟกซ์แบบดรัมหมุนนี้ได้รับการพัฒนาโดย Bakewell โครงสร้างของแฟกซ์แสดงดังรูปที่ 1

หลังจากนั้นมีการพัฒนาการแฟกซ์ขึ้นอีกมากอย่างต่อเนื่อง ตารางที่ 3 เป็นตารางแสดงเทคโนโลยีของแฟกซ์ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1843

การพัฒนาแฟกซ์ในช่วงรอบปีแรกยังไม่อยู่ในสถานะทางด้านการค้ามากนัก แฟกซ์ยุคแรกจึงใช้ส่งภาพผ่านสัญญาณวิทยุ เช่น การรายงานผลของอุตุนิยมวิทยาโดยองค์การอุตุนิยมวิทยาสากล ส่งภาพให้กับสถานีย่อยเพื่อใช้การแปลความ แฟกซ์เริ่มมาเป็นจริงมากขึ้นเป็นแฟกซ์ตามมาตรฐาน G3 การใช้แฟกซ์ในปี ค.ศ. 1988 เมื่อแยกตามส่วนต่าง ๆ ของโลกแสดงดังตารางที่ 4

มาตรฐาน G3 เป็นแฟกซ์ที่ใช้งานกันมาก

หลังจากปี ค.ศ. 1980 ที่ CCITT ได้กำหนดมาตรฐาน G3 สำหรับแฟกซ์ ก็ได้มีการผลิตแฟกซ์ตามมาตรฐานนี้กันอย่างกว้างขวาง มาตรฐาน G3 กำหนดไว้อย่างคร่าว ๆ ดังตารางที่ 5

เพิ่มขีดความสามารถบน G3

ผู้ผลิตส่วนใหญ่เพิ่มขีดความสามารถให้กับแฟกซ์ที่ตนผลิตอย่างมาก ทั้งนี้เพราะมาตรฐาน CICC G3 นี้กำหนดหลักของการสื่อสารและฟอร์แมตของข้อมูลเอาไว้ อย่างไรก็ตามส่วนสำคัญของแฟกซ์ประกอบด้วย

ความละเอียดที่รับได้ ตามมาตรฐานรับได้ 203 จุดต่อนิ้วตามแนวราบและ 98 เส้นต่อนิ้วในแนวดิ่ง

ความเร็วจำนวนหน้าต่อนาที แฟกซ์แบบ G3 นี้จะส่งเอกสารได้

ตารางที่ 3 แสดงพัฒนาการของเทคโนโลยีแฟกซ์

ปี ค.ศ.	พัฒนาการที่เกิดขึ้น
1843	เริ่มพัฒนาแบบเพนดูลัม โดย Bain
1844	เริ่มใช้โทรเลขรหัสมอร์ส
1850	พัฒนาแฟกซ์แบบดรัมหมุนที่ประเทศอังกฤษโดย Bakewell
1865	เริ่มพัฒนาแฟกซ์เพื่อการค้าครั้งแรกโดย Caselli
1876	เริ่มโทรศัพท์โดย Bell
1902	ดร.คอร์นจากเยอรมันค้นคว้าเกี่ยวกับออปติคัล 2 แกน
1906	เริ่มให้บริการส่งภาพจากมูนิคไปเบอร์ลิน
1907	De forrest ค้นคิดหลอดสุญญากาศ
1915	เริ่มระบบโทรศัพท์ทางไกล
1917	บริษัท AT&T พัฒนาเทเลไทป์
1924	เริ่มมีแฟกซ์ในอเมริกา โดยมีบริษัท AT&T, RCA, Bell
1926	RCA ให้บริการส่งภาพข้ามมหาสมุทรแอตแลนติกโดยทางวิทยุ
1928	การบันทึกภาพโดยไม่ต้องใช้แรง
1934	สมาคมการพิมพ์เริ่มให้บริการส่งภาพข่าว
1936	เริ่มมีการบันทึกภาพบนกระดาษอิเล็กโทรไลติกโดย Dr.Hogan
1936	บริษัท RCA พัฒนาการบันทึกภาพบนกระดาษคาร์บอน
1936	บริษัท Teledeltos พัฒนาการบันทึกภาพบนกระดาษเคมีแบบแห้ง
1936	หนังสือพิมพ์นิวยอร์กไทม์พัฒนาแฟกซ์ใช้ในหนังสือพิมพ์
1943	เริ่มมีแฟกซ์เพื่อการค้าโมเดล FX-1B โดย Times Facimile
1945	เริ่มส่ง TV ในสหรัฐอเมริกา
1948	บริษัท Western Union พัฒนาแฟกซ์ขายถึง 40,000 เครื่อง
1956	เริ่มมีการใช้สัญญาณเรียงแทนภาพส่งผ่านทางโทรศัพท์ในสหรัฐอเมริกา
1958	มีแฟกซ์ชื่อ Detafax ของบริษัท Stewart-Warner
1959	มีแฟกซ์ชื่อ Quichfax ของบริษัท Telautograph
1960	มีมาตรฐานแฟกซ์ EIA TR-29
1965	มีมาตรฐานแฟกซ์ RS 328
1965	บริษัทซีรอกซ์พัฒนาแฟกซ์และมีการผลิตจำนวนมากออกขาย
1967	เริ่มใช้แฟกซ์แบบเชื่อมต่อโดยตรง
1967	บริษัทซีรอกซ์ผลิตแฟกซ์
1968	มีมาตรฐาน CICC G1
1976	มีมาตรฐาน CICC G2
1976	เริ่มตั้งคณะกรรมการกำหนดมาตรฐาน G3
1984	เริ่มตั้งคณะกรรมการกำหนดมาตรฐาน G4
1980	มีมาตรฐาน CICC G3
1988	เริ่มมีแฟกซ์มาตรฐานใกล้ G4 ออกจำหน่าย
1990	แฟกซ์แพร่หลายไปทั่วโลก

ตารางที่ 4 การใช้แฟกซ์ตามส่วนต่าง ๆ ของโลก

แฟกซ์	อเมริกาและแคนนาดา	ยุโรปตะวันตก	อเมริกาใต้แอฟริกาและตะวันออกกลาง	ตะวันออกไกล	ยุโรปตะวันออกและรัสเซีย	รวม
กรุ๊ป 1	4,000	2,000	7,000	2,000	11,000	26,000
กรุ๊ป 2	53,000	13,000	1,000	20,000	17,000	111,000
กรุ๊ป 3	1,707,000	1,690,000	184,000	3,790,000	151,000	7,522,000
กรุ๊ป 4	15,000	2,000	100	48,000	—	65,100
รวม	1,779,000	1,707,000	198,100	3,860,000	179,000	7,723,100

ตารางที่ 5 มาตรฐาน G3 ที่กำหนดโดย CCITT

	มาตรฐาน	เผื่อเลือก
จำนวนจุดต่อเส้น	1728	2048, 2432
แนวราบ		
จำนวนจุดต่อนิ้ว	203	
จุดต่อมิลลิลิตร	8	
แนวดิ่ง		
จำนวนจุดต่อนิ้ว	97.80	195.6
จุดต่อมิลลิเมตร	3.85	7.7
ความกว้างสแกน		
นิ้ว	8.46	10.0, 11.9
มิลลิเมตร	215	255, 303
การเข้ารหัส	modified huffman	modified read
โมเด็ม	V.27(ter)	V.29
จำนวนบิตต่อวินาที	4800/2400	9600/7200
สัญญาณโมเด็ม	V.21	V.27(ter)
จำนวนบิตต่อวินาที	300	2400
จำนวนมิลลิวินาทีต้องการบันทึกหนึ่งเส้น	20	0, 5, 10, 40

ประมาณแผ่นละ 10-30 วินาที แต่ต้องใช้เวลาอีกประมาณ 15 วินาทีสำหรับการโต้ตอบระหว่างแฟกซ์ ทั้งนี้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ส่งได้ 9600 บิตต่อวินาที มาตรฐาน G3 ที่ส่งได้เร็วกว่า G1 และ G2 มาก G1 ใช้เวลาประมาณ 6.5 นาทีต่อแผ่น ส่วน G2 ใช้เวลาประมาณ 3.5 นาทีต่อแผ่น

การใช้งานง่าย G3 เน้นการใช้งานง่าย โดยผู้ปฏิบัติงานสามารถใส่กระดาษรูปภาพที่จะส่งและกดปุ่มเพื่อบอกการส่ง ขั้นตอนการตรวจสอบสัญญาณจะอยู่ที่คอมพิวเตอร์ภายในแฟกซ์

คอมแพตติเบิ้ลกันทั่วโลก แฟกซ์ G3 นี้ ส่งในระบบโทรศัพท์ที่ต่อเชื่อมกันได้ทั่วโลก โดยใช้ระบบโทรศัพท์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

โมเด็มปรับความถี่ได้ เมื่อส่งข้อมูลในสายโทรศัพท์ปรากฏว่าคุณภาพของสายอยู่ในสภาพไม่ดีก็จะมีการปรับความเร็วการรับส่งลงเองอย่างอัตโนมัติ

ตรวจสอบสัญญาณและโปรโตคอลโต้ตอบอัตโนมัติ แฟกซ์ G3 เป็นแฟกซ์ที่ตัวรับและตัวส่งมีการโต้ตอบสัญญาณกันไว้อย่างอัตโนมัติ

บล็อกไดอะแกรมของแฟกซ์

โครงสร้างของแฟกซ์ G3 แสดงเป็นไดอะแกรมดังรูปที่ 2

ส่วนของไดอะแกรมแฟกซ์ประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนเครื่องรับและส่วนเครื่องส่ง ส่วนเครื่องส่งเริ่มจากการสแกนภาพ ซึ่งปัจจุบันเทคโนโลยีสแกนใช้ชาร์จคัปเปลอร์ดีไวซ์หรือที่เรียกย่อ ๆ ว่า ซีซีดี ซีซีดีนี้จะอ่านข้อมูลภาพออกมาเป็นพัลซ์อนุกรม โดยแอมปลิจูดของพัลซ์แสดงความเข้มของภาพที่อ่านได้ สัญญาณที่อ่านได้นี้จะได้รับการแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิตอล โดยหนึ่งจุดภาพเท่ากับหนึ่งบิต ข้อมูลส่วนนี้จะได้รับการลดขนาดให้เล็กลงโดยใช้อัลกอริทึม โมดิไฟด์ฮัฟฟ์แมน-โมดิไฟด์รีด แล้วส่งต่อไปยังโมเด็มเพื่อป้อนเข้าสายโทรศัพท์ แฟกซ์ G3 สามารถส่งและรับผ่านทางโมเด็มตัวเดียวกัน

ในส่วนภาครับก็จะรับข้อมูลจากโมเด็มเข้าสู่ส่วนการขยายรหัสออกมาเป็นรหัสภาพเพื่อส่งต่อให้กับเครื่องพิมพ์ที่พิมพ์ทีละจุด การส่งข้อมูลนี้ แฟกซ์ G3 จะให้ความละเอียดเส้นละ 1728 จุด การส่งข้อมูลผ่านโมเด็มก็จะส่งด้วยอัตรา 9600 บิตต่อวินาที แต่ถ้าหาก

คุณภาพสัญญาณที่ส่งไม่ดีก็จะลดอัตราลง

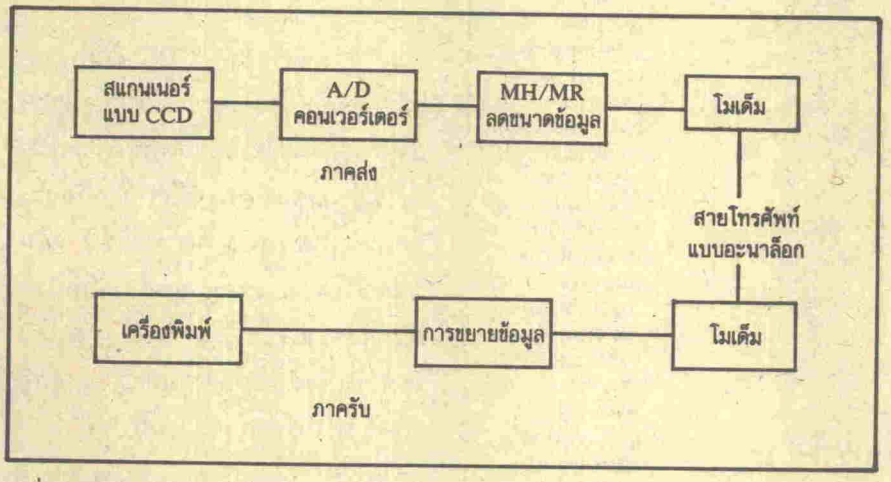
กลไกที่สำคัญของเครื่องแฟกซ์เมื่อเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 3

การลดขนาดข้อมูลทำได้อย่างไร

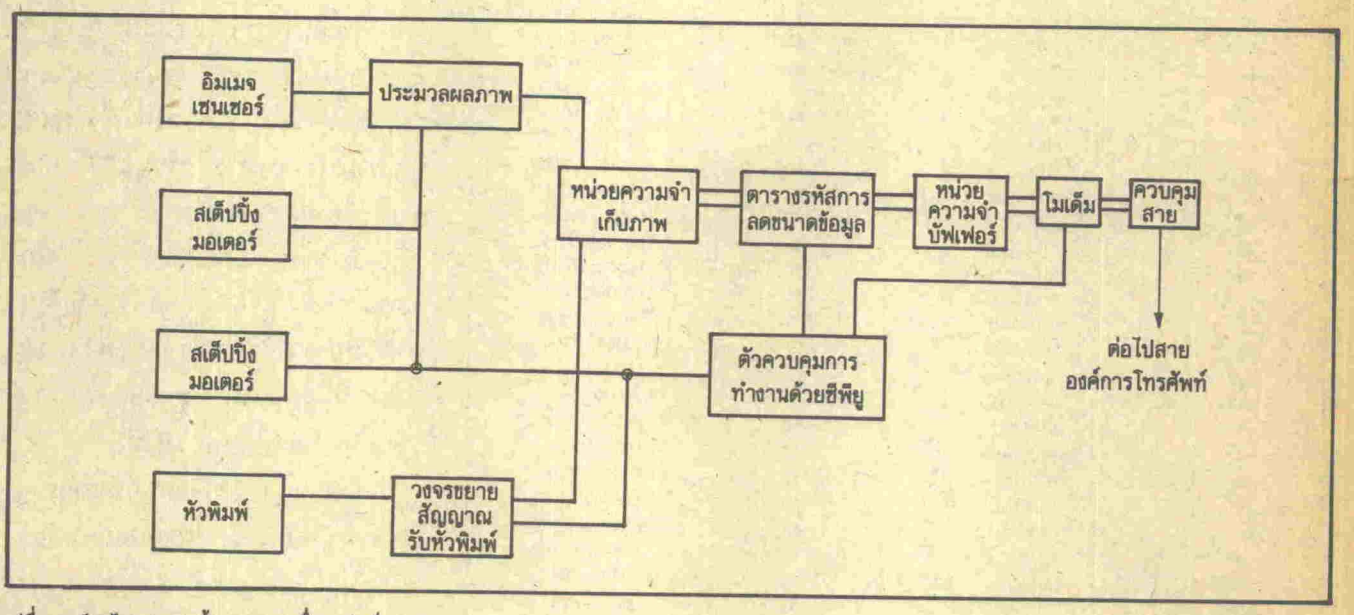
เมื่อส่งข้อมูลภาพหนึ่งหน้ากระดาษ A4 จะพบว่ามีขนาดข้อมูลที่จะต้องส่งจำนวนมากเพราะข้อมูล 1 เส้นมีถึง 1728 บิต และข้อมูลขนาดหนึ่งนิ้วมีถึง 98 เส้น หากคิดทั้งหมดแล้วจะพบว่ามีขนาดใหญ่มาก คงต้องเสียเวลาในการส่งข้อมูลกันมากพอควร แต่ความจริงแล้วเรามีวิธีการลดขนาดข้อมูลลงก่อน โดยข้อมูลทุกบิตจะได้รับการจัดการสร้างรหัสใหม่โดยใช้รหัสฮัฟฟ์แมน การลดขนาดด้วยฮัฟฟ์แมนนี้เป็นวิธีที่นำเอาความน่าจะเป็นของการเกิดจุดดำจุดขาวต่อกันมาสร้างรหัส ตามมาตรฐานได้ทดลองนำเอาจดหมายธุรกิจซึ่งส่วนใหญ่เป็นตัวหนังสือมาลองหาความถี่ของความน่าจะเป็นแล้วมาสร้างเป็นรหัส CCITT ได้เป็นตารางมาตรฐานของรหัสไว้

การคิดรหัสโดยลองนำเอาข้อมูล 1728 บิตที่เป็นการสแกนหนึ่งเส้นมาดูว่าจุดดำจุดขาวเป็นอย่างไร และจัดกลุ่มแรกเป็นกลุ่มมีโอกาสที่จะเป็นจุดดำหรือขาวได้ไม่เกิน 64 จุดติดต่อกัน รหัสจุดดำและขาวนี้แสดงได้ดังตารางที่ 6

หากจุดดำขาวที่เรียงต่อกันเป็นขาวล้วนมากกว่า 64 จุดติดต่อกับเราจะใช้รหัส make up code เพิ่มต่อ รหัส make up จึงเป็นรหัสที่มองจุดดำหรือขาวเรียงต่อกันเป็นขนาด 64, 128, 192 ... หรือเพิ่มทีละ 64 จุดไปจนถึง 1728 และใช้รหัส 0000 0000 0001 เป็นรหัสปิดท้ายเก็บข้อมูลที่ส่งทุกเส้น เช่นรหัสจุดขาวเรียงต่อกัน 67 จุด ก็จะได้เป็นรหัส 11011 1000 โดยรหัส 11011 มาจาก make up คือจุดขาว 64 จุด เมื่อเอา 67-64 = 3 ไปเปิดดูยังตารางฮัฟฟ์แมนได้ 1000 ดังนั้นรหัสที่เกิดขึ้นทั้งหมดคือ 110111000



รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมแฟกซ์



รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมทั้งหมดของเครื่องแฟกซ์ G3

ตารางที่ 6 รหัสโมดิไฟด์ฮัฟฟ์แมนของจุดดำขาวจาก 0 จุดถึง 63 จุด

จำนวนจุดขาว	รหัส	จำนวนจุดดำ	รหัส
0	00110101	0	0000110111
1	000111	1	010
2	0111	2	11
3	1000	3	10
4	1011	4	011
5	1100	5	0011
6	1110	6	0010
7	1111	7	00011
8	10011	8	000101
9	10100	9	000100
10	00111	10	0000100
11	01000	11	0000101
12	001000	12	0000111
13	000011	13	00000100
14	110100	14	00000111
15	110101	15	000011000
16	101010	16	0000010111
17	101011	17	0000011000
18	0100111	18	0000001000
19	0001100	19	00001100111
20	0001000	20	00001101000
21	0010111	21	00001101100
22	0000011	22	00000110111
23	0000100	23	00000101000
24	0101000	24	00000010111
25	0101011	25	00000011000
26	0010011	26	000011001010
27	0100100	27	000011001011
28	0011000	28	000011001100
29	00000010	29	000011001101
30	00000011	30	000001101000
31	00011010	31	000001101001
32	00011011	32	000001101010
33	00010010	33	000001101011
34	00010011	34	000011010010
35	00010100	35	000011010011
36	00010101	36	000011010100
37	00010110	37	000011010101
38	00010111	38	000011010110
39	00101000	39	000011010111
40	00101001	40	000001101100
41	00101010	41	000001101101
42	00101011	42	000011011010
43	00101100	43	000011011011
44	00101101	44	000001010100
45	00000100	45	000001010101
46	00000101	46	000001010110
47	00001010	47	000001010111
48	00001011	48	000001100100
49	01010010	49	000001100101
50	01010011	50	000001010010
51	01010100	51	000001010011
52	01010101	52	000000100100
53	00100100	53	000000110111
54	00100101	54	000000111000
55	01011000	55	000000100111
56	01011001	56	000000101000
57	01011010	57	000001011000
58	01011011	58	000001011001
59	01001010	59	000000101011
60	01001011	60	000000101100
61	00110010	61	000001011010
62	00110011	62	000001100110
63	00110100	63	000001100111

ตารางรหัส make up แสดงดังตารางที่ 7

เพื่อให้เข้าใจตัวอย่างได้ดียิ่งขึ้น ลองพิจารณาจากรูปที่ 4 ซึ่งเป็นการยกตัวอย่างข้อมูล 1 เส้นซึ่งประกอบด้วยข้อมูลขาว 2 จุด ดำ 5 จุด ขาว 5 จุด ดำ 2 จุด ขาว 585 จุด รวมทั้งสิ้น 599 จุด เพื่อแปลเป็นรหัสแล้วได้ 0111 0011 1100 11 01101000 10100 ซึ่งเป็นรหัสทั้งสิ้น 27 บิต ดังนั้นอัตราการลดขนาดข้อมูลจึงมีค่าเป็น 599/27 = 22.2 เท่า

อย่างไรก็ตาม CCITT ได้กำหนดรหัส modified read ไว้โดยดูความสัมพันธ์ของเส้นก่อนกับเส้นปัจจุบันว่ามีความแตกต่างกันที่ใด ด้วยวิธีการนี้จะทำให้ข้อมูลลายเส้นที่ใช้มากในแฟกซ์ได้รับการลดข้อมูลลงได้อีกมาก การพิจารณาข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระหว่างเส้นนี้หาดูได้จากมาตรฐานแฟกซ์ G3 ซึ่งจะไม่ขอกล่าวในที่นี้

โมเด็มที่ใช้ในแฟกซ์

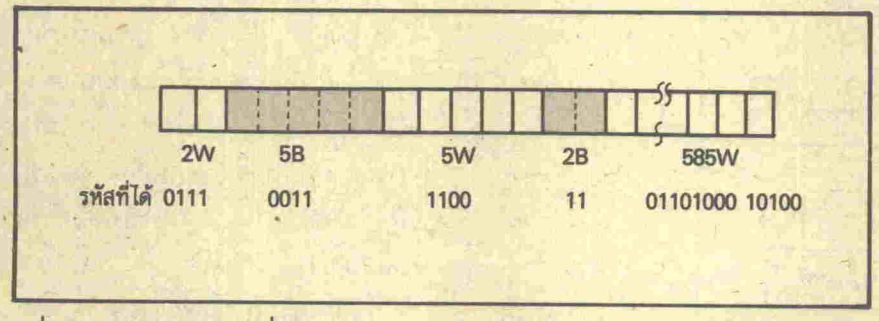
โมเด็มที่ทาง CCITT วางไว้สำหรับแฟกซ์ G3 สามารถส่งด้วยอัตราบิตต่อวินาที จาก 2400 ถึง 9600 บิตต่อวินาที การรับส่งข้อมูลในโมเด็มจะเป็นไปตามตารางที่ 8

ในการส่งของแฟกซ์ G3 นั้นจะทดลองส่งที่ 9600 บิตต่อวินาทีก่อน หากไม่ประสบผลสำเร็จจะลดลงมาที่ 7200 บิตต่อวินาที และลดลงมาเรื่อยจนเหลือ 2400 บิตต่อวินาที

โมเด็ม V.29 ใช้การเข้ารหัส 4 บิต ตามมุมของเฟส โดยเอาแอมปลิจูดเข้าร่วมการมอดูเลตด้วย โครงสร้างการมอดูเลตของ V.29 แสดงดังรูปที่ 5

ตารางที่ 7 ตารางรหัส make up

จำนวนขาว	รหัส	จำนวนดำ	รหัส
64	11011	64	0000001111
128	10010	128	000011001000
192	010111	192	000011001001
256	0110111	256	000001011011
320	00110110	320	000000110011
384	00110111	384	000000110100
448	01100100	448	000000110101
512	01100101	512	0000001101100
576	01101000	576	0000001101101
640	01100111	640	0000001001010
704	01100110	704	0000001001011
768	011001101	768	0000001001100
832	011010010	832	0000001001101
896	011010011	896	0000001110010
960	011010100	960	0000001110011
1024	011010101	1024	0000001110100
1088	011010110	1088	0000001110101
1152	011010111	1152	0000001110110
1216	011011000	1216	0000001110111
1280	011011001	1280	0000001010010
1344	011011010	1344	0000001010011
1408	011011011	1408	0000001010100
1472	010011000	1472	0000001010101
1536	010011001	1536	0000001011010
1600	010011010	1600	0000001011011
1664	011000	1664	0000001100100
1728	010011011	1728	0000001100101
EOL	000000000001	EOL	000000000001



รูปที่ 4 แสดงการเข้ารหัสข้อมูลหนึ่งเส้น

ตารางที่ 8 โมเด็มของแฟกซ์ G3

อัตราบิตต่อวินาที	อัตราบอด	บิตต่อการสุ่ม	ชนิด	ความถี่สัญญาณพาหะ	แบนด์วิดธ์ของช่อง
9600	2400	4	V.29	1700	450-2950
7200	2400	3	V.29	1700	450-2950
4800	1600	3	V.27 (ter)	1800	950-2650
2400	1200	2	V.27 (ter)	1800	1150-2450

โปรโตคอลของแฟกซ์

ในการโต้ตอบระหว่างแฟกซ์ด้วยกัน มีการกำหนดมาตรฐานการเชื่อมต่อ โดยหากแฟกซ์ตัวที่จะเริ่มส่งมีการแบ่งเฟสการทำงานออกเป็น 5 เฟส คือ

เฟส A เฟสเริ่มต้น

- เริ่มจากการหมุนหมายเลขโทรศัพท์
- แฟกซ์ตัวรับจะตอบรับอย่างอัตโนมัติโดยทำเสมือนยกหู
- แฟกซ์ตัวรับส่งสัญญาณ 2100 Hz กลับไปเป็นเวลา 3 วินาที

เฟส B เฟสเตรียมก่อนส่งข่าวสาร

- แฟกซ์ตัวรับส่งรหัส 32 หรือ 40 บิต ซึ่งเป็นรหัสตรวจสอบสัญญาณและเป็นข้อมูลของแฟกซ์ตัวเองว่าเป็นประเภทไหน
- แฟกซ์ตัวส่งจะส่งรหัสคำสั่งเพื่อบอกการเลือกว่าตัวเองเลือกโหมดส่งแบบใด
- แฟกซ์ตัวส่งจะส่งสัญญาณตรวจสอบสายด้วยอัตราสูงสุดก่อน
- แฟกซ์ตัวรับจะส่งสัญญาณตอบว่ารับได้หรือไม่

เฟส C ส่งข้อมูลข่าวสาร

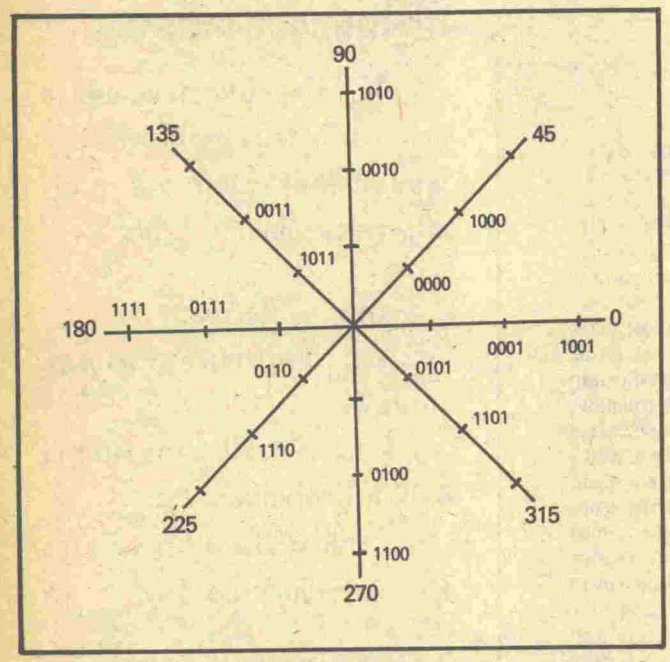
- แฟกซ์ตัวส่งจะส่งข้อมูลภาพ

เฟส D หลังการส่งข้อมูล

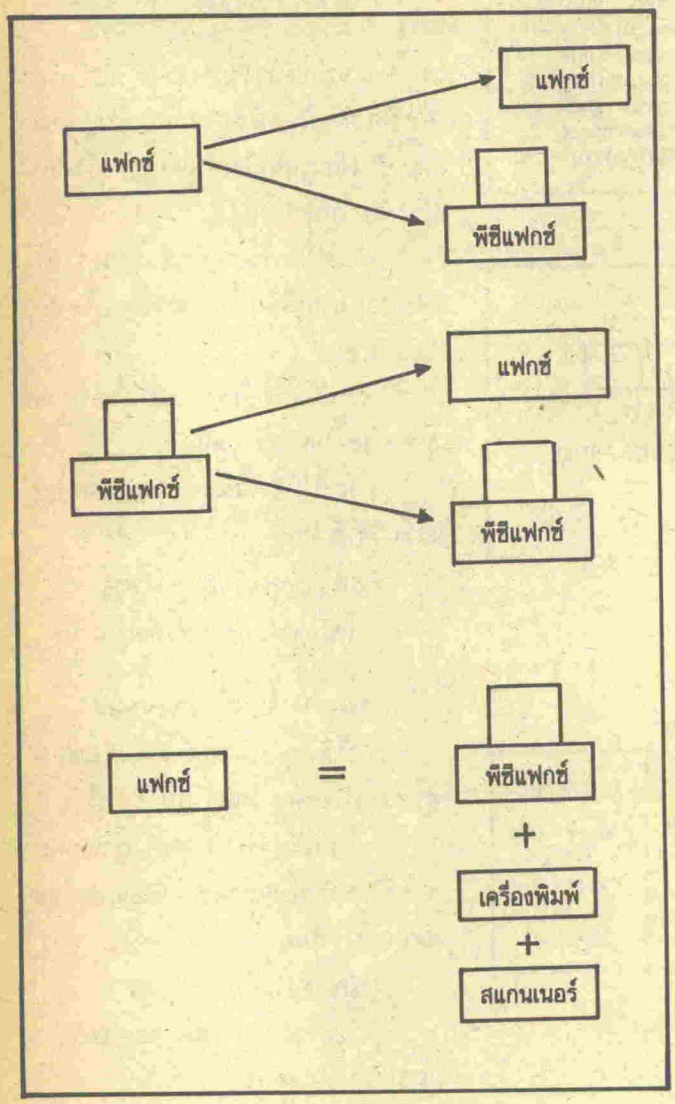
- ที่สิ้นสุดหน้าทุก ๆ หน้า แฟกซ์ตัวส่งจะส่งสัญญาณจบหน้าไปให้
- แฟกซ์ตัวรับจะส่งสัญญาณตอบว่าได้รับหน้านั้นแล้ว หากมีปัญหาก็จะส่งปัญหากลับมา

เฟส E เลิกการทำงาน

- แฟกซ์ตัวส่งส่งสัญญาณเลิกและปลดสายออก



รูปที่ 5
การมอดูเลตของโมเด็มในแฟกซ์ที่ 9600 บิตต่อวินาที



รูปที่ 6 การใช้พีซีแฟกซ์

พีซีแฟกซ์การ์ด

หากพิจารณาที่ยอดการจำหน่ายพีซีในแต่ละปี ปัจจุบันนี้มีพีซีมากกว่าแฟกซ์หลายเท่า ในปี ค.ศ. 1988 มียอดการใช้พีซีประมาณ 87 ล้านเครื่อง และมีแนวโน้มการเชื่อมโยงพีซีเข้าหากันเป็นเน็ตเวอร์ก การเชื่อมโยงนี้ทำให้เกิดเครือข่ายคอมพิวเตอร์และงานทางด้าน Email เกิดขึ้นอย่างมาก อย่างไรก็ตามแฟกซ์บนพีซีก็เป็นอีกเรื่องหนึ่งที่กำลังขยายตัวอย่างรวดเร็ว ปัจจุบันมีแฟกซ์การ์ดมากมายให้เลือกใช้ ในปี ค.ศ. 1988 เฉพาะที่ยุโรปเพียงกลุ่มเดียวมีการใช้แฟกซ์การ์ดถึง 185,000 การ์ด และปี ค.ศ. 1989 มีการใช้ถึง 325,000 การ์ด

จากการสำรวจผู้ใช้แฟกซ์ดูเฉพาะเอกสารที่ส่งทางแฟกซ์ พบว่ากว่า 70 เปอร์เซ็นต์ของเอกสารเป็นเอกสารที่สร้างขึ้นด้วยเวิร์ดโปรเซสเซอร์หรือเอาต์พุตของคอมพิวเตอร์ ดังนั้นหากรวมขั้นตอนของงานเวิร์ดโปรเซสเซอร์หรือคอมพิวเตอร์กับแฟกซ์เข้าด้วยกัน ความสะดวกสบายก็จะเกิดขึ้น งานที่พิมพ์ด้วยเวิร์ดโปรเซสเซอร์ก็ส่งผ่านทางแฟกซ์โดยตรงเลย

การใช้พีซีแฟกซ์การ์ดมีข้อดีคือสามารถส่งรับข้อมูลกันได้ โดยมีรูปแบบการส่งรับดังรูปที่ 6

พีซีแฟกซ์การ์ดที่สร้างขึ้นก็ใช้มาตรฐาน G3 เช่นกัน คือสามารถรับข้อมูลแฟกซ์มาแสดงผลบนจอหรือส่งออกทางเครื่องพิมพ์ได้ แต่การส่งอาจรับข้อมูลภาพจากสแกนเนอร์ก่อน หรือเป็นเอกสารจากเวิร์ดโปรเซสเซอร์

เวิร์ดโปรเซสเซอร์สร้างเอกสารเก็บไว้ในแฟ้มส่วนใหญ่จะเป็นแอสกี แต่ข้อมูลที่ส่งไปทางแฟกซ์เป็นข้อมูล

ภาพเป็นข้อมูลจุดดำขาว และมีการลดขนาดข้อมูลแล้วจึงส่ง ดังนั้นพีซีแฟกซ์การ์ดจะนำข้อมูลแอสกีแปลงเป็นข้อมูลจุดดำขาวแล้วส่งเข้าแฟกซ์การ์ด ทำนองเดียวกับการรับข้อมูลจากแฟกซ์การ์ดจะได้ข้อมูลภาพและนำมาพิมพ์ออกทางจอภาพหรือเครื่องพิมพ์ได้ การแปลงข้อมูลภาพเป็นแอสกีก็คือ OCR ซึ่งยังเป็นเรื่องยุ่งยาก แต่การแปลงแอสกีให้เป็นข้อมูลภาพเป็นเรื่องที่ไม่ยุ่งยาก

รูปที่ 7
แฟกซ์การ์ดมีแนวโน้มที่ใช้งานและเป็นอุปกรณ์สำคัญอย่างหนึ่ง

รูปที่ 8
สแกนเนอร์มีทั้งแบบตั้งโต๊ะและแบบมือถือ

แฟกซ์การ์ดมีขนาดเล็กลงมากเพราะมีหลายบริษัทได้ผลิตชิพเซตสำหรับแฟกซ์โดยตรง ทำให้แนวโน้มของแฟกซ์การ์ดมีราคาลดลง และเป็นที่เชื่อแน่ว่าในอีกไม่กี่ปีข้างหน้าพีซีมาตรฐานจะมีขีดความสามารถในการส่งแฟกซ์และโมเด็มอยู่ในตัว

ข้อเด่นของการใช้พีซีแฟกซ์คือการใช้งานที่ง่าย โดยมีซอฟต์แวร์ประกอบ บริษัทผู้ผลิตแฟกซ์การ์ดส่วนใหญ่จะสร้างซอฟต์แวร์ไว้ให้โดยผู้ใช้เลือกตามเมนู ป้อนหมายเลขโทรศัพท์ ป้อนชื่อแฟ้มที่ต้องการส่ง

การส่งแฟกซ์ในกรณีนี้ก็ยังเป็นปัญหาสำหรับภาษาไทย เพราะการแปลงแอสกีเป็นภาพนั้นทำเฉพาะตัวอักษรลาติน ยังไม่มีการแปลตัวอักษรภาษาไทยอยู่ด้วย ดังนั้นผู้ซื้อแฟกซ์การ์ดมาใช้ในประเทศไทยจึงต้องหาสแกนเนอร์ประกอบด้วย แต่เมื่อรวมราคาสแกนเนอร์เข้าไปในระบบแล้วทำให้ราคาแพง จึงเป็นปัญหาสำหรับผู้ใช้ในประเทศไทย

CCD สแกนเนอร์

สแกนเนอร์ที่ใช้ในแฟกซ์เป็นสแกนเนอร์แบบซีซีดี ซึ่งใช้กับกล้องถ่ายรูป ลักษณะของซีซีดีเป็นเซลแสงขนาดเล็กเรียงกันขนาด 1728 เซล เมื่อนำมาใช้งานจะวางรูปรับแสงดังรูปที่ 9

ซีซีดีสแกนเนอร์รับข้อมูลทีละหนึ่งแถว โดยลดขนาดกระดาษ 8 1/2 นิ้ว ลงบนเซลซีซีดีลงสิบส่วน เหลือขนาดให้ได้จุด 1728 จุด สัญญาณที่รับได้แต่ละเซลจะแปลงเป็นแรงดัน ซึ่งจะนำมาเปรียบเทียบกับสัญญาณเบลล์คกราวนด์แล้วแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิตอล การแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลนี้ในแฟกซ์บางเครื่องแปลงออกเป็นระดับสีเทา 16 ระดับได้โดยใช้วงจร A/D

ขีดความสามารถของเครื่องแฟกซ์ได้รับการพัฒนาขึ้นไปอีกมาก

จากการแข่งขันกันในตลาดแฟกซ์ทำให้มีการพัฒนาแฟกซ์ให้ก้าวหน้าขึ้นไปอีกมาก บริษัทผู้ผลิตจำเป็นต้องเพิ่มเติมขีดความสามารถเฉพาะเพื่อหลอกล่อผู้ใช้ และเน้นความสำคัญทางด้านการตลาด ขีดความสามารถเพิ่มเติมได้แก่

โมเด็มความเร็วสูง ส่วนใหญ่ส่งได้ที่ 9600 บิตต่อวินาที

ป้อนกระดาษอัตโนมัติ แฟกซ์จะมีกลไกในการป้อนกระดาษและตัดกระดาษได้เองโดยอัตโนมัติ

เก็บข้อมูลภาพไว้ในหน่วยความจำ เนื่องจากหน่วยความจำมีราคาถูกลงจึงมีการนำเอาข้อมูลแฟกซ์เก็บเป็นความลับไว้ในหน่วยความจำ รอผู้มีอำนาจผ่านรหัสผ่านจึงจะเรียกออกมาพิมพ์ได้

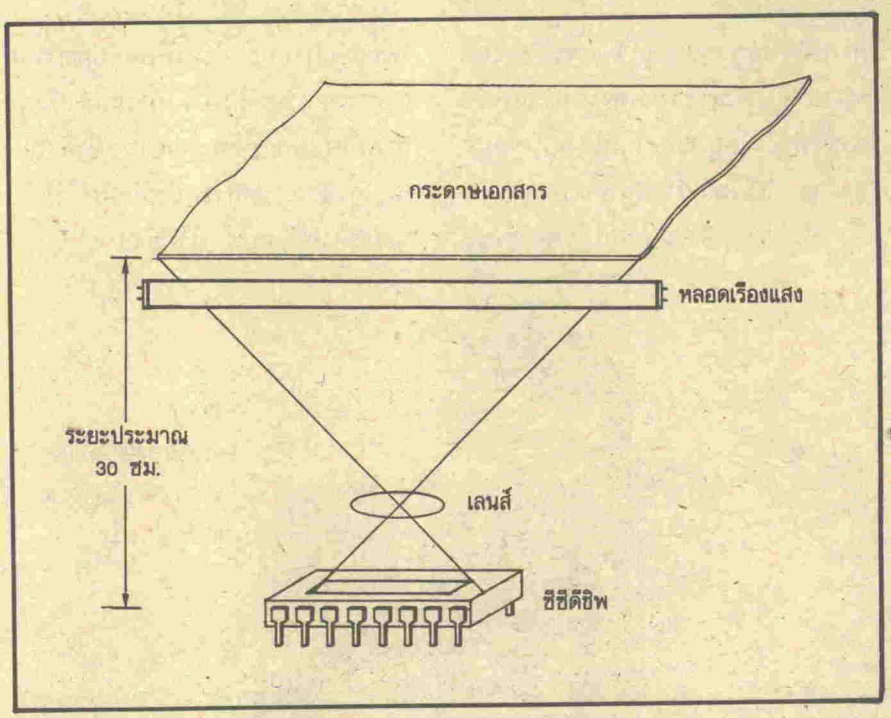
ควบคุมคุณภาพภาพ สามารถกำหนดจุดดำขาวลดสัญญาณรบกวนแก้ปัญหาในเรื่องภาพไม่ชัด

ใช้ร่วมกับโทรศัพท์ สามารถเป็นอุปกรณ์รับเสียงเก็บไว้เมื่อมีผู้ติดต่อทางโทรศัพท์ก็เป็นเครื่องตอบโทรศัพท์อัตโนมัติ และบันทึกเสียงพูดของอีกฝ่ายหนึ่งได้

ต่อกับระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อเป็นสแกนเนอร์ให้กับคอมพิวเตอร์หรือเป็นเครื่องพิมพ์ให้กับคอมพิวเตอร์ได้

แก้ไขข้อผิดพลาดการรับส่งได้เอง ระบบนี้เรียกว่า Error free และ Error Correction mode กล่าวคือถ้าข้อมูลที่ไปส่งผิดพลาดก็แก้ไขให้ถูกต้อง

ได้ภาพมีระดับความเข้ม ภาพที่ส่งมีการประมวลผลเพื่อเพิ่มระดับความเข้มที่เรียกว่า gray scale ทำให้ภาพชัดเจนยิ่งขึ้น



รูปที่ 9 สแกนเนอร์แบบซีซีดี

ย่อขยายภาพได้ ส่วนของภาพถ้าใหญ่กว่าก็สามารถย่อหรือขยาย หรือตัดบางส่วนส่งไปแล้วไปต่อภาพกันที่เครื่องรับ

โปรแกรมการทำงานได้ เครื่องส่วนใหญ่มีแป้นหน้าปัดให้ผู้ใช้เลือกโหมดโปรแกรมการทำงาน เช่น ตั้งแสงรับส่ง ทำการกระจายข่าวสารไปยังปลายทางมากกว่าหนึ่งแห่ง

เก็บข้อมูลหมายเลขโทรศัพท์ โดยเก็บเป็นแฟ้มจะเลือกส่งไปยังใครก็ได้

ส่งซ้ำได้ ข้อมูลจากสแกนเนอร์จะเก็บลงหน่วยความจำแล้วส่งซ้ำไปยังที่ต่าง ๆ หรือหากมีปัญหาให้ส่งซ้ำใหม่ได้

เอ็นคริปต์ข้อมูล สามารถแปลงรหัสข้อมูลเพื่อความลับในการส่งรับข้อมูล

อนาคตยังก้าวต่อไป

แฟกซ์กำลังจะเป็นที่นิยมและเพิ่มยอดอย่างรวดเร็ว ขณะเดียวกันก็กำลังมีการกำหนดมาตรฐาน G4 ขึ้นมา ส่วนของมาตรฐาน G4 กำลังรองรับในเรื่องเน็ตเวอร์ก การส่งข่าวสารจะผ่านเครือข่ายดิจิตอลมีการเก็บไว้ชั่วขณะตามโหมดแล้วส่งต่อ มีการจัดการภาพที่ดีขึ้นโดยรวมเอกสารที่เป็นข้อความกับภาพเข้าด้วยกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการรับส่ง ซึ่งใน G3 จะส่งแต่ภาพอย่างเดียว สามารถส่งภาพสีหรือภาพที่มีความละเอียดสูงมาก ๆ ได้

นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่า ISDN และเครือข่ายดิจิตอลอื่น ๆ ประกอบ เช่น ไฟเบอร์ออปติกทำให้ช่องสื่อสารสามารถส่งกับที่อัตราบิตสูงหลายล้านบิตต่อวินาที

ดังนั้นจึงไม่น่าสงสัยเลยว่าอนาคตของการสื่อสารข้อมูลจะก้าวล้ำขึ้นไปอีกเพียงไร ก็คงต้องรอดูกันต่อไป